



(43) 国際公開日
2005 年 8 月 18 日 (18.08.2005)

PCT

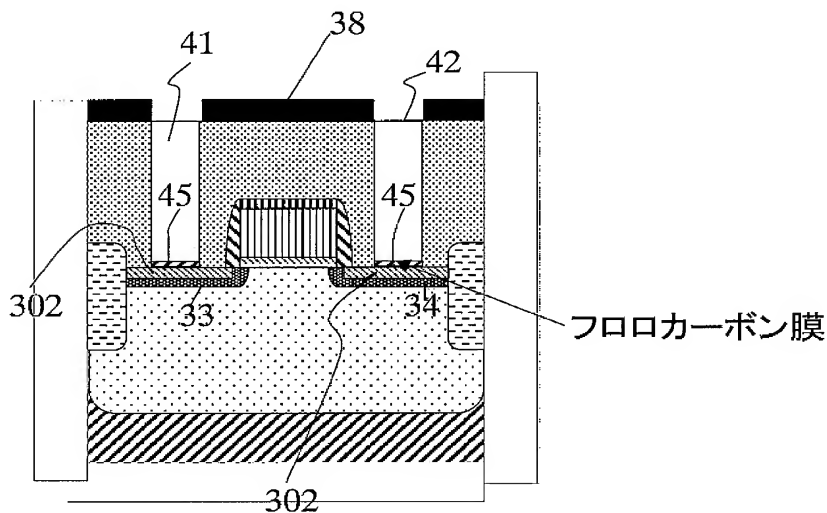
(10) 国際公開番号
WO 2005/076336 A1

- | | | |
|---|--------------------------------|---|
| (51) 国際特許分類 ⁷ : | H01L 21/3065 | (72) 発明者; および |
| (21) 国際出願番号: | PCT/JP2005/001513 | (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 後藤 哲也 (GOTO, Tetsuya). |
| (22) 国際出願日: | 2005 年 2 月 2 日 (02.02.2005) | (74) 代理人: 池田 憲保, 外 (IKEDA, Noriyasu et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋 1 丁目 4 番 1 〇号 第三森ビル Tokyo (JP). |
| (25) 国際出願の言語: | 日本語 | (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW. |
| (26) 国際公開の言語: | 日本語 | |
| (30) 優先権データ:
特願2004-032607 | 2004 年 2 月 9 日 (09.02.2004) JP | |
| (71) 出願人 および | | |
| (72) 発明者: 大見 忠弘 (OHMI, Tadahiro) [JP/JP];
〒9800813 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋 2 丁目 1-17-301 Miyagi (JP). | | |

[續葉有]

- (54) Title:** SEMICONDUCTOR DEVICE MANUFACTURING METHOD AND INSULATING FILM ETCHING METHOD

- (54) 発明の名称: 半導体装置の製造方法および絶縁膜のエッチング方法



45... FLUOROCARBON FILM

- (57) Abstract:** During etching of a contact hole, not only the energy of ion exposure but also the gas composition are altered to change the etching from a high-rate etching to a low-rate etching, thereby reducing the damage. In the low-rate etching, since the gas composition is also altered, a firm fluorocarbon film is formed on the bottom of the contact hole, and the etching can be carried out while protecting the silicon surface. Consequently, inactivation of the impurities with which the silicon is doped can be prevented.

- (57) 要約: コンタクトホールのエッチングにおいて、エッチングの途中においてイオン照射のエネルギーだけでなく、ガス組成を変化させ、高速エッチングから低速エッチングに切り替え、ダメージを低減させる。低速エッチングでは、

〔続葉有〕



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

半導体装置の製造方法および絶縁膜のエッチング方法

技術分野

[0001] 本発明は、絶縁層のエッチング工程を含む半導体装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体装置の製造工程においては、エッチングが必ず行われる。例えば、半導体装置として電界効果トランジスタを製造する場合、ソースおよびドレインへの配線を行う際に層間絶縁膜の材料であるシリコン酸化膜のような絶縁膜にコンタクトホールを反応性イオンエッチングにより形成して、その開口されたコンタクトホールへ電極または金属配線を施している。

[0003] この場合、コンタクトホール底部におけるコンタクト抵抗は、下地シリコンの抵抗率が一定であればコンタクト径に反比例して上昇する。このため、半導体装置の微細化、高集積化がますます進み、コンタクト径が微小化するにつれて、コンタクト底部における抵抗率は上昇する傾向にある。特に、コンタクトホールを通常反応性イオンエッチングによって形成する際、酸化膜のエッチングが完了して下地シリコンが露出した時に下地シリコンにダメージが誘起される。これは、高エネルギーのイオンが下地シリコンに照射され、この結果、シリコンにドーピングされたボロンやリンなどの不純物が不活性化してしまい、下地シリコンの抵抗率が上昇してしまうからである。特に、p⁺層を形成するための不純物であるボロンは未結合手を持つので、リンや砒素に比べて非常に不活性化しやすく、このp⁺層にイオン照射が行われると、不活性化によって、p⁺層からp層に近くなってしまう。この結果、下地シリコンの抵抗率が上昇することになる。

[0004] このように、イオン照射による下地シリコンの抵抗率の上昇を防止するため、エッチング後にダメージ除去工程を導入する方法が提案されている。この方法は、コンタクトホールエッチング、レジスト除去工程を経た後、キャリアが不活性化したダメージ層をケミカルドライエッチにより除去し、再び高濃度に不純物をドーピングするためにイオン注入を行い、さらに活性化アニールを行う手法である。

[0005] 更に、抵抗率の上昇に伴う問題を解決する他の従来技術として、ダメージフリー２段階エッチングが、例えば”The Ninth International Symposium on Semiconductor Manufacturing, Proceeding of ISSM2000, pp.102-105, Tokyo, September 2000.”(以下、従来技術１という)において提案されている。これは、下地シリコンのイオン照射ダメージを低減して、且つ、エッチング時間を増大させないように、コンタクトホール９０％をセルフバイアス電圧(Vdc)を－５００Ｖ～－６００Ｖに設定してエッチングを行い、コンタクトホールの残り１０％をVdc＝－１５０Ｖに設定してエッチングを行うものである。尚、このときのプラズマ励起のために使用される導入ガスは、Xe、C₄F₈、CO、O₂である。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] 上に述べた従来の２つの解決手段のうち、エッチング後にダメージ層を除去する方法では、除去後の不純物ドーピング、活性化アニール、およびこれらの間に行われる洗浄を加えると数十工程にも及ぶ製造工程数の増加をまねき、TAT(Turn Around Time)が増加してしまい、コストが増大してしまうという問題点があった。

[0007] 一方、ダメージフリー２段階エッチングについては、本発明者等の研究、実験によれば、従来技術１に記載されたカーボン(C)及びフッ素(F)を含むエッチングガスを用いてダメージフリー２段階エッチングでコンタクトホール形成を行ったところ、種々の問題が生じることが判明した。

[0008] まず、コンタクトホール９０％を－５００～－６００Ｖのセルフバイアス(Vdc)でエッチングし、酸化膜の残り１０％をVdc＝－１５０Ｖに設定してエッチングすると、残り１０％の酸化膜エッチングの際に、コンタクトホールの側壁には、付着確率の大きいカーボンを含むフロロカーボン系のラジカルが、高エネルギーのイオンの衝撃を受けずに側壁に到達し、そのまま側壁に堆積することが判明した。この結果として、コンタクトホールの底部へエッチングガスが到達せず、付着確率がカーボンに比べて小さいフッ素を多く含むラジカルが選択的にコンタクトホール底部へ到達してしまうことが判明した。

[0009] このため、下地シリコンが露出した時に、コンタクトホール底部には、下地シリコンを

イオン衝撃から守る強固なフロロカーボン膜が形成されないと云う現象が見出された。

[0010] このような状態でエッチングが行われると、下地シリコンが不可避免的にエッチングされてしまい、下地シリコンとのエッチング選択比(酸化膜のエッチング速度／下地シリコンのエッチング速度)が確保されないという問題点があることが分かった。同時に、フォトレジストとのエッチング選択比(酸化膜のエッチング速度／フォトレジストのエッチング速度)も劣化することが分かった。

[0011] 本発明の目的は、ダメージ層除去の工程を必要とせず、さらに高フォトレジスト選択比かつ高シリコン選択比であるダメージフリーエッチングプロセス技術を提供することである。

[0012] 本発明の他の目的は下地シリコンが不所望にエッチングされるのを防止できる半導体装置の製造方法およびエッチング方法を提供することである。

[0013] 本発明の更に他の目的はコンタクトホール底部に効率的にフロロカーボン膜を形成し、これによって、コンタクトホール底部おける抵抗率の変化を軽減できる半導体装置の製造方法およびエッチング方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明によれば、反応性イオンエッチングにより絶縁膜にコンタクトホールを開口するエッチング工程を含む半導体装置の製造方法または絶縁膜のエッチング方法において、前記エッチング工程は所定の速度でエッチングを行う第1の工程と前記速度よりも遅い速度でエッチングを行う第2の工程とを含み、前記第2の工程は前記第1の工程よりも後でかつ開口によって下地が露出する前に実施され、前記第1の工程で供給されるガスの組成および供給量の少なくとも一方と異なる組成および供給量のガスを前記第2の工程で供給することを特徴とする半導体装置の製造方法または絶縁膜のエッチング方法が得られる。

[0015] 前記コンタクトホールは電界効果トランジスタのソース領域およびドレイン領域の少なくとも一方の上の絶縁膜に形成されるものであってもよい。

[0016] また、前記絶縁膜はシリコン酸化膜であってもよい。

[0017] 前記供給ガスはCとFとを少なくとも含み、前記第2の工程で前記供給ガスの供給

量を前記第1の工程よりも減少させることが好ましい。

- [0018] あるいは前記供給ガスはCとFとを含むガスと酸素(O_2)とを含み、前記第2の工程で前記酸素の供給量を前記第1の工程よりも減少させること、あるいは前記第2の工程で前記CとFとを含むガスの供給量を前記第1の工程よりも減少させること、あるいは両方を減少させることが好ましい。
- [0019] 前記供給ガスはCとFとを含むガスと酸素とを含み、前記第2の工程で前記CとFとを含むガスと前記酸素との組成を前記第1の工程から変化させてもよい。
- [0020] 前記開口の最終的な深さの一部、たとえば90%まで、を前記第1の工程でエッチングを行い、その後前記第2の工程を行うことが好ましいが、切り替える深さは80%乃至95%でもよく、エッチングの総時間(第2工程の方が時間がかかる)や壁面堆積物の厚さ(第2工程のほうが付着しにくい)、下地表面の保護等のかねあいで定めればよい。要はエッチングの終了より前、下地表面が露出する前に第2の工程に切り替えればよい。
- [0021] 前記反応性イオンエッチングをマイクロ波励起によるプラズマ処理装置で行うのが好ましく、プラズマ励起のパワーを前記第2の工程では前記第1の工程より弱くする。
- [0022] 前記第2の工程で供給されるガスの組成および供給量は、前記開口の側壁への堆積物の厚さが前記開口の直径の10%以下となるように選択することが好ましい。また前記第2の工程で供給されるガスの組成および供給量は、前記開口の下地表面に保護膜が形成されるように選択することが好ましい。この下地表面に形成される保護膜はフロロカーボン膜であることが好ましい。
- [0023] あるいは本発明は、ガスを用いてエッチングを行う工程を含む半導体装置の製造方法またはエッチング方法において、前記エッチングの途中で前記ガスの組成および流量の少なくとも一方を変化させ、下地表面を保護した状態でエッチングを終了させることを特徴とする半導体装置の製造方法またはエッチング方法を提供する。
- [0024] 前記組成および流量の少なくとも一方が変化されたガスによるエッチングは前記下地表面におけるボロンの不活性化を防止できるものとする。
- [0025] 本発明では、反応性イオンエッチングによりコンタクトホールを形成する際、コンタクトホール底部に強固なフロロカーボン膜を形成することができる。この結果、コンタクト

ホール底部のシリコンが過剰にイオンに曝されることによるドーピングされた不純物の不活性化を防止すると共に、不純物の不活性化による高抵抗化をも防止できる。

図面の簡単な説明

- [0026] [図1]図1は、添加 O_2 流量が0sccm、2.5sccm、5sccm、10sccm、15sccmの場合における、酸化膜エッチング速度と C_5F_8 ガス流量の関係を示すグラフである。
- [図2]図2は、添加 O_2 流量が1sccm、2sccm、3sccm、5sccmの場合のコンタクトホール側壁へのフロロカーボン膜堆積量と、 C_5F_8 流量の関係を示すグラフである。
- [図3]図3は、ラジアルラインスロットアンテナを用いた2段シャワープレート構造マイクロ波励起プラズマ処理装置の概略構成を示す断面図である。
- [図4]図4は、本発明の実施例1に係る電界効果トランジスタのエッチング前の状態を示す断面図である。
- [図5]図5は、本発明の実施例1に係る電界効果トランジスタのエッチング第1工程を終えた状態を示す断面図である。
- [図6]図6は、本発明の実施例1に係る製造途中の電界効果トランジスタのエッチング第2工程(ダメージフリーエッチング)を終えた状態を示す断面図である。
- [図7]図7は、本発明の実施例1に係る製造途中の電界効果トランジスタのアッシングを終えた状態を示す断面図である。
- [図8]図8は、本発明の実施例1に係る製造方法によって得られた電界効果トランジスタの断面図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0027] まず、本発明の理解を容易にするために、本発明の原理について説明する。
- [0028] 図1を参照すると、高速エッチングモード($V_{dc} = -550V$)におけるシリコン酸化膜のエッチング速度と C_5F_8 流量の関係が示されている。 C_5F_8 に添加ガスとして酸素(O_2)を添加し、当該 O_2 の流量と C_5F_8 の流量とを変化させた場合におけるシリコン酸化膜のエッチング速度(nm/分)が示されている。図の例では、 O_2 の流量を0sccmから2.5、5、10、及び、15sccmに変化させた場合における C_5F_8 流量とエッチング速度との関係がそれぞれ曲線c1〜c5によって示されている。ここで、1sccmとは一分間に標準状態のガスを1立方センチメートル流す流量である。

- [0029] 曲線c4からも明らかな通り、エッチング速度が700nm／分程度以上の高速エッチングを行うには、 $O_2 = 10\text{sccm}$ の場合、 C_5F_8 流量は10sccm以上である必要がある。また、曲線c5に示されているように、 $O_2 = 15\text{sccm}$ の場合、 C_5F_8 流量が8sccm以上が必要となる。ただし、 O_2 流量が10sccm程度を超えると、対フォトレジスト選択比が悪化することが分かったため、高速エッチングを行うには、 $C_5F_8 = 10\text{sccm}$ 、 $O_2 = 10\text{sccm}$ 程度に設定すればよい。
- [0030] 本発明者等は、前記条件においてコンタクトホール90%を高速でエッチングした後、残り10%のコンタクトホールのエッチングを高速エッチングとは異なる条件で行い、下地シリコンにダメージが誘起されるのを回避することができた。
- [0031] まず、本発明の工程を説明する前に、上記従来技術1に記載されているように、高速エッチング条件のうち、セルフバイアス電圧の絶対値を200Vに減少($V_{dc} = -200V$)させてエッチングを行った。この場合、コンタクトホールの側壁に到達した付着確率の大きいカーボンを含むフロロカーボン系のラジカルが、高エネルギーのイオンの衝撃を受けずに、そのまま側壁に堆積し、結果としてコンタクトホール底部へエッチングガスが到達しなかった。このため、付着確率がCに比べて小さいFを多く含むラジカルが選択的にコンタクトホール底部へ到達して、下地シリコンが露出した時に下地シリコンをイオン衝撃から守る強固なフロロカーボン膜が形成され無い状態が形成される。
- [0032] 強固なフロロカーボン膜が形成され無い状態で、エッチングが行われると、下地シリコンをもエッチングしてしまい、下地シリコンとのエッチング選択比(酸化膜のエッチング速度／下地シリコンのエッチング速度)が確保されないということを見出した。同時に、 C_5F_8 流量を減少させると側壁へのフロロカーボン膜の堆積も減少するということも判明した。
- [0033] そこで、本発明者等はコンタクトホール底部に強固なフロロカーボン膜を付着させるための手法について検討し、コンタクトホール底部にフロロカーボン膜を付着させるには、単にセルフバイアスを変更するだけでなく、供給ガスの組成、流量を変化させれば良いことが判明した。
- [0034] このことを考慮して、供給ガスの組成、流量は、側壁へのフロロカーボン膜等の堆

積物の厚さがコンタクトホール直径の約10%を越えないように選択される。あるいは、供給ガスの組成、流量は、コンタクトホール底部にフロロカーボン膜等の保護膜が付着するように選択する。

[0035] 図2を参照すると、 $V_{dc} = -200V$ における、直径 $0.35\mu m$ のコンタクトホール側壁へのフロロカーボン膜の堆積速度と C_5F_8 流量の関係が示されている。図2では、 C_5F_8 に添加される O_2 流量が1sccm、2sccm、3sccm、5sccmの時ににおける C_5F_8 の流量と、フロロカーボンの堆積厚さ(μm)との関係が示されている(それぞれ、グラフca1、ca2、ca3、ca4)。エッチング時間はコンタクトホール残部(約10nm)をエッチングするのに要する時間である。側壁への堆積物の厚さが $0.04\mu m$ 以下、すなわちコンタクトホール直径の約10%以下であれば、カーボンの割合の大きいラジカルが十分コンタクトホール底部へ到達し、コンタクトホール底部にフロロカーボン膜が形成されて下地シリコンをイオン衝撃から保護することが分かった。

[0036] 具体的には、図2において、 C_5F_8 流量を6sccm以下にし、 O_2 流量を3〜5sccmにする(グラフca3、ca4)ことにより、堆積厚さを $0.04\mu m$ 以下にすることができる。また、 C_5F_8 流量を4sccm以下にすれば、 O_2 の流量を1〜5sccmの範囲で変化させることによって(グラフca1〜ca4)、フロロカーボンの堆積厚さを $0.04\mu m$ 以下にすることができる。したがって、高速エッチングを行った後、供給ガスの組成を変化させて、低速エッチングを行うことにより、コンタクトホール底部を強固なフロロカーボン膜で覆うことができる。

[0037] 上記した結果を纏めると、 C_5F_8 流量を10sccmとしてレジスト選択比が劣化しない程度に O_2 流量を10sccm程度に設定し、高速エッチングを行った後、ダメージフリーエッチングを行う。このダメージフリーエッチングでは、側壁デポを抑制するために C_5F_8 流量を減らし、さらに下地シリコンを守るために O_2 流量も減らすことで実現できることが明らかとなった。この手法によれば、エッチング時間を極端に増大させることなく、かつダメージの発生しないコンタクトホールエッチングを行うことができる。このように、ダメージフリーエッチングでは、イオンエネルギーを決定するセルフバイアス電圧を変化させることだけではなく、ガス組成(流量)も同時に変化させなければならない。

[0038] 以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。

- [0039] 図3に、本発明の実施例に用いるReactive Ion Etching (RIE)プロセス用のマイクロ波プラズマ処理装置の概略構成が示されている。
- [0040] マイクロ波プラズマ処理装置は複数の排気ポート8から排気される処理室10を有し、前記処理室10中には被処理基板12を保持する保持台14が設けられている。前記処理室10の均一な排気を実現するため、前記保持台14の周囲にはリング状に空間が形成されており、前記複数の排気ポート8を前記空間に連通するように等間隔で、すなわち被処理基板12に対して軸対称に形成することにより、前記処理室10を前記空間および排気ポート8を介して均一に排気することができる。
- [0041] 前記処理室10内の上部には、前記保持台14上の被処理基板12に対応する位置に、前記処理室10の外壁の一部として、低損失誘電体よりなり多数の開口部(ガス放出口)15が形成された板状のシャワープレート20がシールリングを介して形成されている。さらに前記シャワープレート20の外側、すなわち被処理基板12の反対側に、同じく低損失誘電体よりなるカバープレート22が、別のシールリングを介して設けられている。
- [0042] シャワープレート20にはその上面にプラズマ励起ガスを充填する空間23が形成されており、前記複数の開口部15の各々は前記プラズマガス通路をなす空間23に連通するように形成されている。さらに、前記シャワープレート20の内部には、前記処理室10の外壁に設けられたプラズマガス供給ポート24に連通するプラズマガスの供給通路26が形成されており、前記プラズマガス供給ポート24に供給されたArやKr等のプラズマ励起ガスは、前記供給通路26から前記空間23を介して前記開口部15に供給され、処理室10内へ導入される。
- [0043] 図示されたプラズマ処理装置では、処理室10内のシャワープレート20と被処理基板12との間に、導体からなるシャワーヘッド28が設けられている。これを下段シャワープレートとも呼び、その場合、上部のシャワープレート20を上段シャワープレートと呼ぶ。下段シャワープレート28の内部には図示しない外部の処理ガス供給系から処理ガス(たとえば、 C_5F_8 と O_2 を含むガス)が導入され、下段シャワープレート28下部に多数設けられたノズルまたはガス放出口29から下部空間、すなわち下段シャワープレート28と被処理基板12との間の空間に放出される。下段シャワープレート28に

は、ノズル29の間に多数の開口25が設けられており、上段シャワープレート20と下段シャワープレート28との間の空間で形成されたプラズマはこの開口25を通して被処理基板12の表面に拡散される。

- [0044] 下段シャワープレート28のノズル29から被処理基板12に向けて放出された処理ガスは被処理基板12上で上記のプラズマに励起され基板12のエッチングが行われる。処理ガスは、上段シャワープレート20からのプラズマ励起ガスが上段シャワープレート20と下段シャワープレート28との間の空間から下段シャワープレート28と被処理基板12との間の空間に向かって流れている。このため、処理ガスが下段シャワープレート28と被処理基板12との間の空間に流れ込むことが抑止されるので、そこで高密度プラズマに晒されて不要な解離を起こすことは防止される。

実施例 1

- [0045] 本実施例1は、図4に示されたPチャンネル電界効果トランジスタの製造に本発明を適用した例である。
- [0046] すなわち、図示されたPチャンネル電界効果トランジスタはその表面に形成された絶縁膜37にソースコンタクトホールおよびドレインコンタクトホールがそれぞれ形成されるべき領域にレジストパターンが形成されたフォトレジスト38を有している。具体的には、図示されたPチャンネル電界効果トランジスタはp型シリコン基板30に形成されたNウェル31内に形成されたソース、ドレイン領域33、34を備えている。図示されたソース領域33、ドレイン領域34はp-シリコン領域301とp+シリコン領域302との二層構造をしており、ソース領域33とドレイン領域34の間にはゲート絶縁膜35が設けられている。ゲート絶縁膜35の上にはゲート電極36が形成されている。この例では、ゲート電極36の側面および上面は絶縁膜で被覆されている。さらに、ソース領域33、ドレイン領域34およびゲート電極36はシリコン酸化膜等の層間絶縁膜37によって被覆されており、層間絶縁膜37上にはソース領域33、ドレイン領域34に対応した部分に開口を施したフォトレジスト38が被着されている。
- [0047] 上記の構成の製造途中のPチャンネル電界効果トランジスタを多数形成したシリコンウェハー30を図3の被処理基板12として保持台14上へ載置した。なお、ソース領域33とドレイン領域34のp+シリコン302は、 $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ のキャリア濃度である。層

間絶縁膜37はシリコン酸化膜で構成されており、厚さは1 μ mである。

- [0048] 図3をも併せ参照すると、ウェハー(図4の30)12を保持台14に載置した後、上段シャワープレート20を介してプラズマ励起のためのArガスを460sccm、下段シャワープレート28からはAr、 C_5F_8 、 O_2 をそれぞれ40sccm、10sccm、10sccm導入して圧力を40mTorrに設定した。
- [0049] 次に、図示していないマイクロ波発振器により、周波数2.45GHzのマイクロ波を図3に示すラジアルラインスロットアンテナ27へ給電し、プラズマを励起した。次に、前記保持台14に接続されたRF電源21より、RF電力500Wを前記保持台14へ印加し、セルフバイアス電圧を絶対値において550V程度発生させ、高速エッチングモードでエッチングを行った。
- [0050] 本実施例1におけるRF電力の周波数は2MHzであるが、この周波数に限られることは無く、例えば450kHzや13.56MHzを用いても良い。シリコン酸化膜のエッチング速度は700nm/分であった。エッチング速度は、マイクロ波電力を増加させるか、またはRF電力を増加させることでより高速にエッチングすることが可能である。
- [0051] 前記条件の下で、77秒エッチングを行った結果、図5に示す様に、シリコン酸化膜によって構成される層間絶縁膜37が選択的にエッチングされ、ソース領域33、ドレイン領域34の上にコンタクトホール41、42の一部が形成された。図示のように、コンタクトホール41、42の一部が形成されて、その深さがソース領域33、ドレイン領域34の表面まで、残り10nmになった時、本発明によるダメージフリーエッチングを行った。すなわち、前記下段シャワープレート28から供給する処理ガスの組成を前記組成からAr、 C_5F_8 、 O_2 をそれぞれ40sccm、5sccm、3sccmへ変化させると同時に、RF電力を減少させ、セルフバイアス電圧の絶対値を200Vとした。
- [0052] この条件の下で、ダメージフリーエッチングを120秒行い、コンタクトホール41、42を開口した(図6参照)。この時コンタクトホール41、42の底部すなわちp+シリコン302上には、図6に示す様に、カーボンを多く含むフロロカーボン膜45が形成され、p+シリコン302のキャリアであるボロンがイオン照射によって不活性化されるのを防いでいる。
- [0053] 次に、前記上段シャワープレート20からArガスを660sccm、前記下段シャワープレ

レート28からAr、O₂をそれぞれ40、10sccm供給し、処理室10の圧力を133Paとし、前記ラジアルラインスロットアンテナ27にマイクロ波を2kW供給してプラズマを30秒励起し、前記フォトリソレジスト38、前記フッ素カーボン膜45、及び図示していない前記コンタクトホール41の側壁に僅かに堆積したフッ素カーボン膜を除去した(図7参照)。

[0054] この工程において、p+シリコン302表面に堆積した前記フッ素カーボン膜45も除去され、除去された後は前記p+シリコン302表面は直接プラズマに晒される。しかしながら、このとき照射されるプラズマは電子温度が1eV以下の低温であるため、ボロンが格子位置からはずれて不活性化することは無い。次に、洗浄工程および配線工程へ移行して、コンタクトホール41、42内にコンタクトプラグ48を、さらにその上に金属配線49をそれぞれ形成してpチャンネルMOSFETを製造した(図8参照)。

[0055] このようにして作成したpチャンネル絶縁ゲート電界効果トランジスタは、ダメージ除去工程を行わないにもかかわらず、コンタクトホール41、42の底部のp+シリコン302のキャリア濃度は $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 程度に維持することができた。このことは、低抵抗ソース・ドレインを備えた絶縁ゲート電界効果トランジスタを実現できたことを意味している。なお、本実施例ではpチャンネル電界効果トランジスタの製造方法を示したが、これに捉われることは無く、コンタクトホールにより配線を行う他の半導体装置においても本発明は有効であることは言うまでもない。

[0056] また、最適なガス流量はポンプの排気速度やガスの滞在時間により変化するので、本発明の効果は上述したガスの流量に限定されるものではない。

産業上の利用可能性

[0057] 本発明は、単にpチャンネル電界効果トランジスタの製造だけでなく、コンタクトホールを有して電極接続または配線を行う他の半導体装置(液晶表示装置等のTFTを含む)にも適用できる。また、本発明は、半導体基板や平面ディスプレイのアクティブマトリクス基板等の製造においても適用可能である。

[0058] 上記実施例ではC₅F₈を用いたエッチングガスについてのみ説明したが、各種フッ素カーボンガスを使用する場合、あるいは他のエッチングガスを使用した場合にも同様に適用できる。

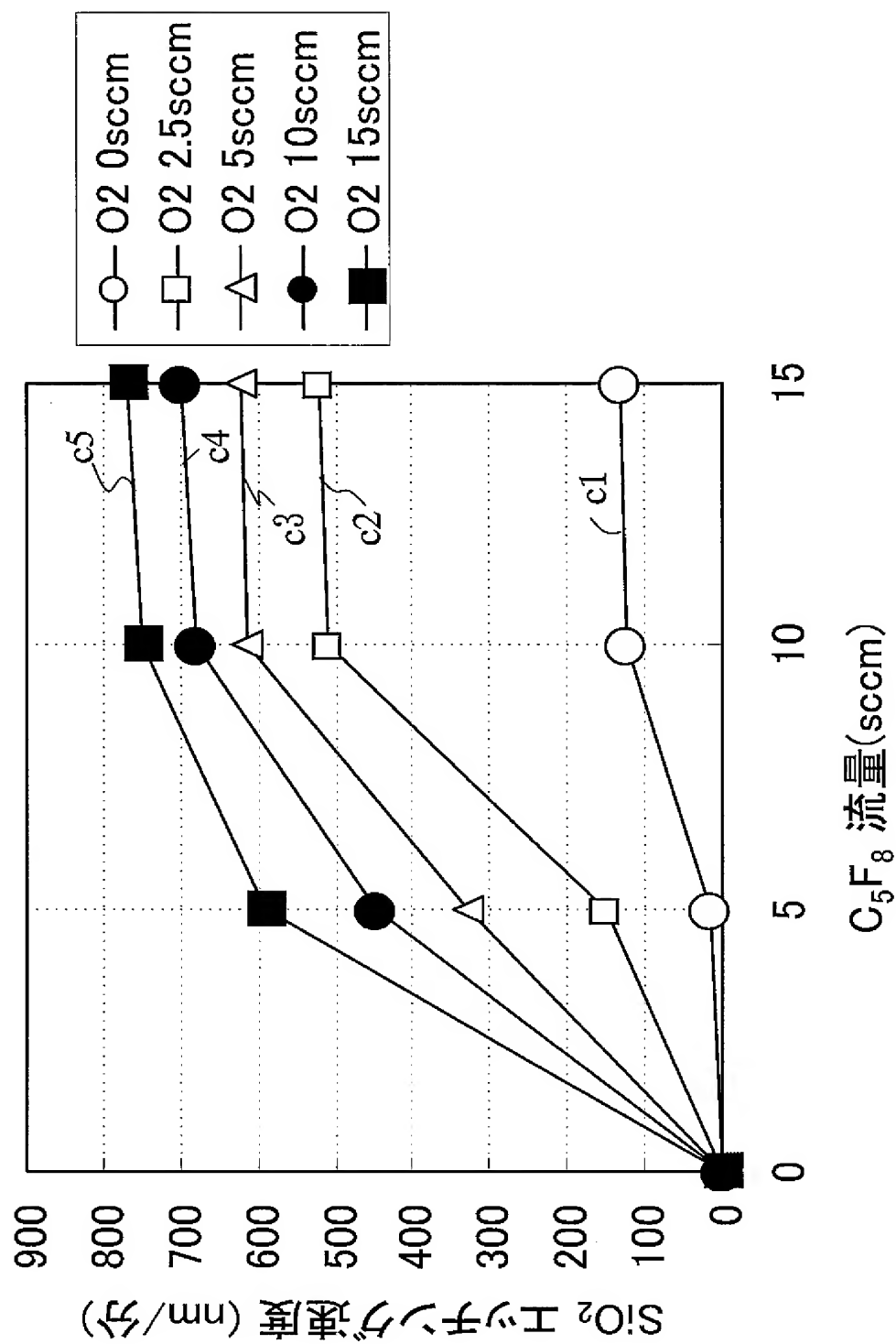
請求の範囲

- [1] 反応性イオンエッチングにより絶縁膜にコンタクトホールを開口するエッチング工程を含む半導体装置の製造方法において、
前記エッチング工程は所定の速度でエッチングを行う第1の工程と前記速度よりも遅い速度でエッチングを行う第2の工程とを含み、前記第2の工程は前記第1の工程よりも後でかつ開口によって下地が露出する前に実施され、前記第1の工程で供給されるガスの組成および供給量の少なくとも一方と異なる組成および供給量のガスを前記第2の工程で供給することを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [2] 請求項1において、前記コンタクトホールは電界効果トランジスタのソース領域およびドレイン領域の少なくとも一方の上の絶縁膜に形成されることを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [3] 請求項1または2において、前記絶縁膜はシリコン酸化膜であることを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [4] 請求項1〜3のいずれかにおいて、前記供給ガスはCとFとを少なくとも含み、前記第2の工程で前記供給ガスの供給量を前記第1の工程よりも減少させることを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [5] 請求項1〜3のいずれかにおいて、前記供給ガスはCとFとを含むガスと酸素とを含み、前記第2の工程で前記酸素の供給量を前記第1の工程よりも減少させることを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [6] 請求項1〜3および5のいずれかにおいて、前記供給ガスはCとFとを含むガスと酸素とを含み、前記第2の工程で前記CとFとを含むガスの供給量を前記第1の工程よりも減少させることを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [7] 請求項1〜3のいずれかにおいて、前記供給ガスはCとFとを含むガスと酸素とを含み、前記第2の工程で前記CとFとを含むガスと前記酸素との組成を前記第1の工程から変化させることを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [8] 請求項1〜7のいずれかにおいて、前記開口の所定深さの80%乃至95%まで前記第1の工程でエッチングを行い、その後前記第2の工程を行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。

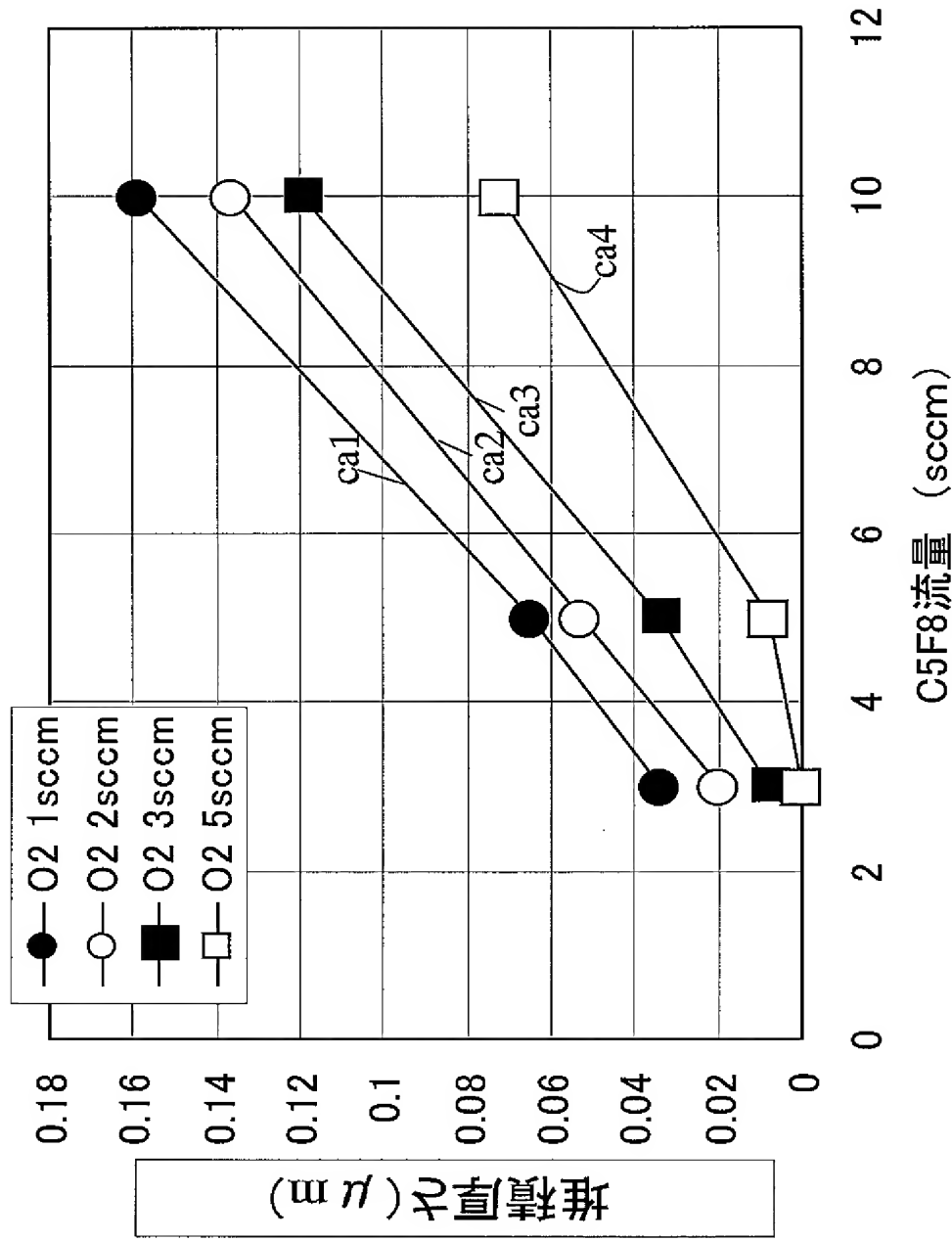
- [9] 請求項1〜8のいずれかにおいて、前記反応性イオンエッチングをマイクロ波励起によるプラズマ処理装置で行い、プラズマ励起のパワーを前記第2の工程では前記第1の工程より弱くすることを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [10] 請求項1〜9のいずれかにおいて、前記第2の工程で供給されるガスの組成および供給量を、前記開口の側壁への堆積物の厚さが前記開口の直径の10%以下となるように選択したことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [11] 請求項1〜9のいずれかにおいて、前記第2の工程で供給されるガスの組成および供給量を、前記開口の下地表面に保護膜が形成されるように選択したことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [12] 請求項10において、前記下地表面に形成される保護膜はフロロカーボン膜を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [13] ガスを用いてエッチングを行う工程を含む半導体装置の製造方法において、前記エッチングの途中で前記ガスの組成および流量の少なくとも一方を変化させ、下地表面を保護した状態でエッチングを終了させることを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [14] 請求項13において、前記組成および流量の少なくとも一方が変化されたガスによるエッチングは前記下地表面におけるボロンの不活性化を防止できるものであることを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [15] 請求項13または14において、前記ガスはCとFとを少なくとも含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [16] 反応性イオンエッチングにより絶縁膜に開口を形成するエッチング方法において、前記エッチングは所定の速度でエッチングを行う第1の工程と前記速度よりも遅い速度でエッチングを行う第2の工程とを含み、前記第2の工程は前記第1の工程よりも後でかつ開口によって下地が露出する前に実施され、前記第1の工程で供給されるガスの組成および供給量の少なくとも一方と異なる組成および供給量のガスを前記第2の工程で供給することを特徴とする絶縁膜のエッチング方法。
- [17] 請求項16において、前記絶縁膜はシリコン酸化膜であることを特徴とする絶縁膜のエッチング方法。

- [18] 請求項16または17において、前記供給ガスはCとFとを少なくとも含み、前記第2の工程で前記供給ガスの供給量を前記第1の工程よりも減少させることを特徴とする絶縁膜のエッチング方法。
- [19] 請求項16～18のいずれかにおいて、前記供給ガスはCとFとを含むガスと酸素とを含み、前記第2の工程で前記酸素の供給量を前記第1の工程よりも減少させることを特徴とする絶縁膜のエッチング方法。
- [20] 請求項16、17または19のいずれかにおいて、前記供給ガスはCとFとを含むガスと酸素とを含み、前記第2の工程で前記CとFとを含むガスの供給量を前記第1の工程よりも減少させることを特徴とする絶縁膜のエッチング方法。
- [21] 請求項16～20のいずれかにおいて、前記供給ガスはCとFとを含むガスと酸素とを含み、前記第2の工程で前記CとFとを含むガスと前記酸素との組成を前記第1の工程から変化させることを特徴とする絶縁膜のエッチング方法。
- [22] 請求項16～21のいずれかにおいて、前記開口の所定深さの80%乃至95%まで前記第1の工程でエッチングを行い、その後前記第2の工程を行うことを特徴とする絶縁膜のエッチング方法。
- [23] 請求項16～22のいずれかにおいて、前記反応性イオンエッチングをマイクロ波励起によるプラズマ処理装置で行い、プラズマ励起のパワーを前記第2の工程では前記第1の工程より弱くすることを特徴とする絶縁膜のエッチング方法。
- [24] 請求項16～23のいずれかにおいて、前記第2の工程で供給されるガスの組成および供給量を、前記開口の側壁への堆積物の厚さが前記開口の直径の10%以下となるように選択したことを特徴とする絶縁膜のエッチング方法。
- [25] 請求項16～23のいずれかにおいて、前記第2の工程で供給されるガスの組成および供給量を、前記開口の下地表面に保護膜が形成されるように選択したことを特徴とする絶縁膜のエッチング方法。

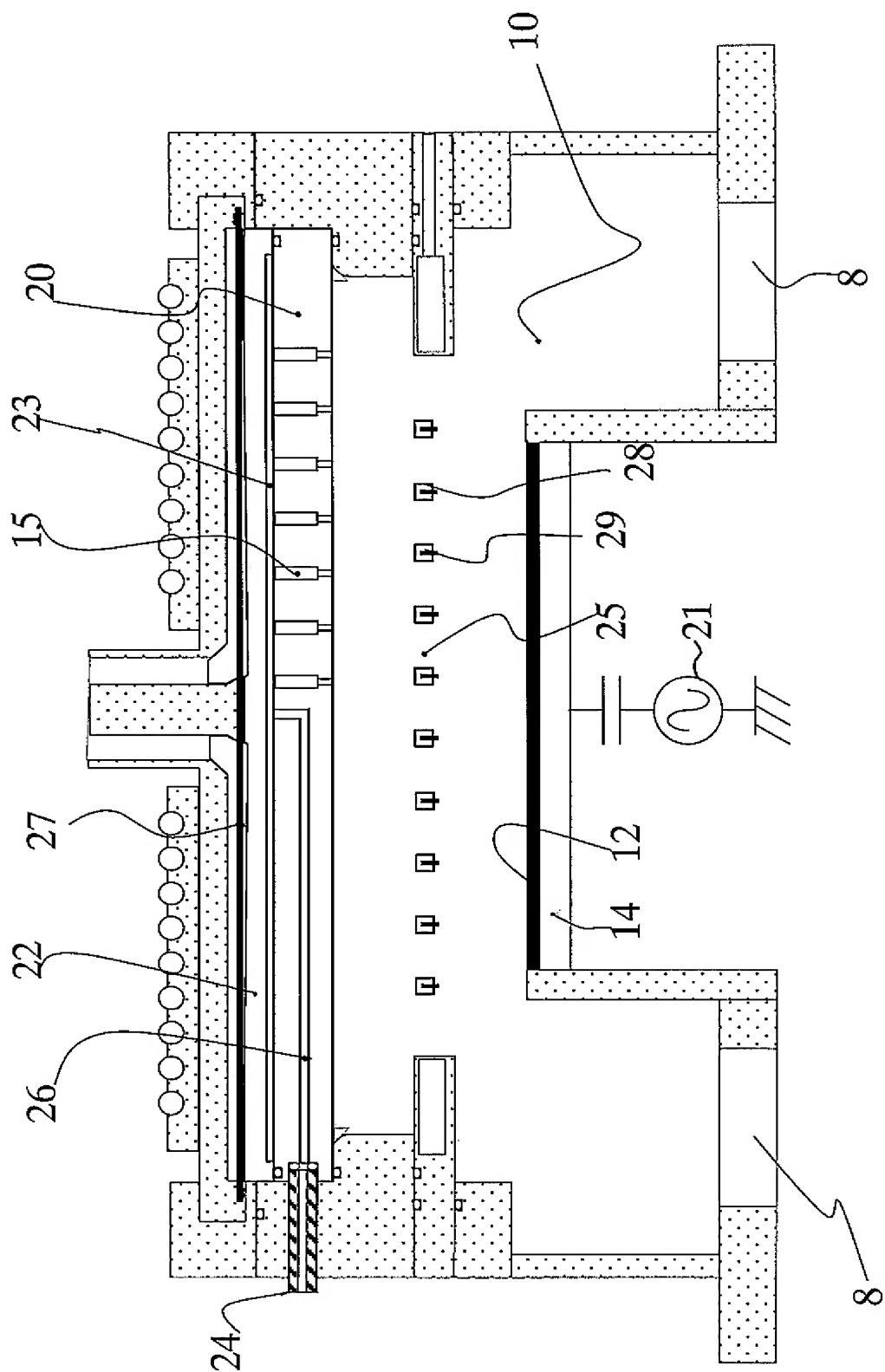
[図1]



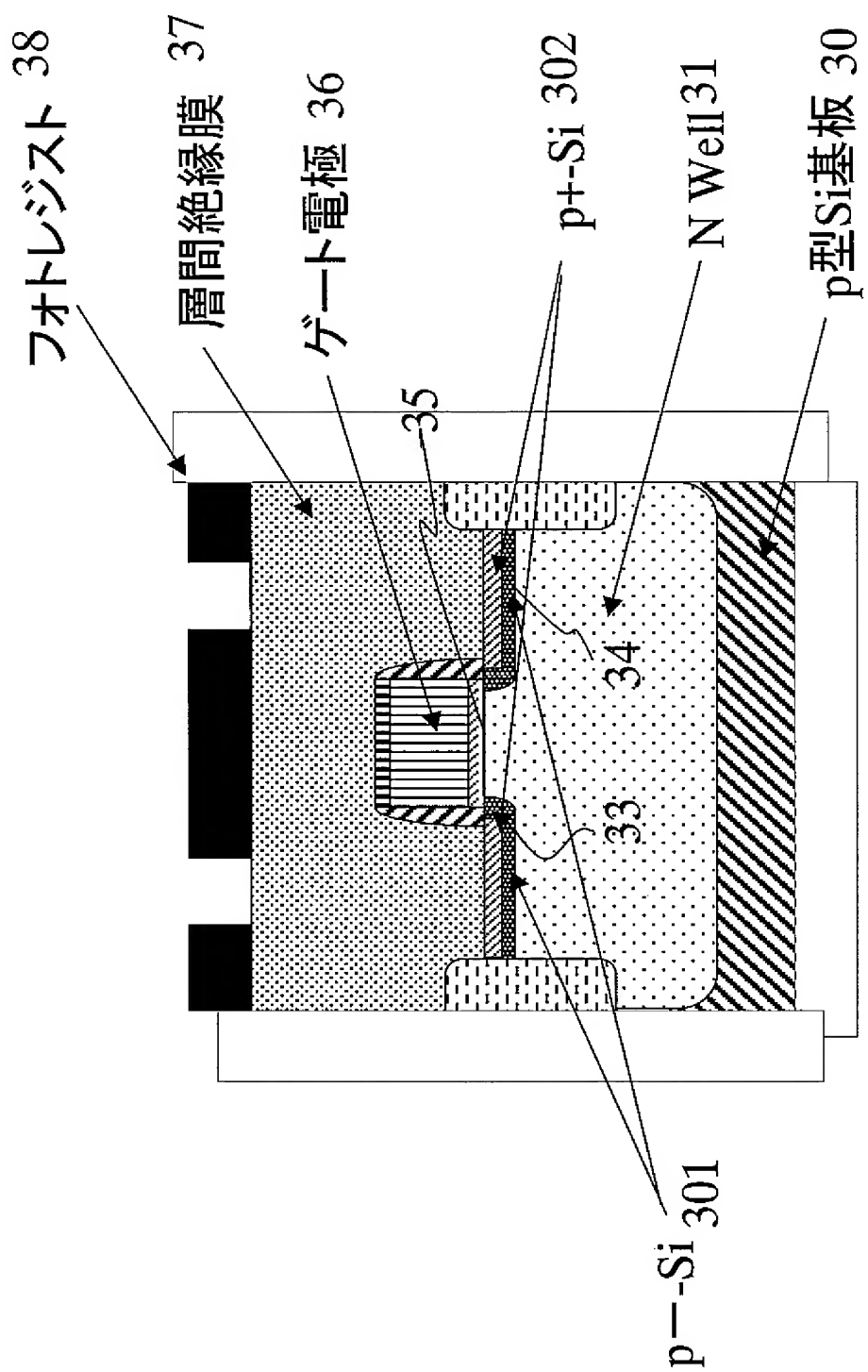
[図2]



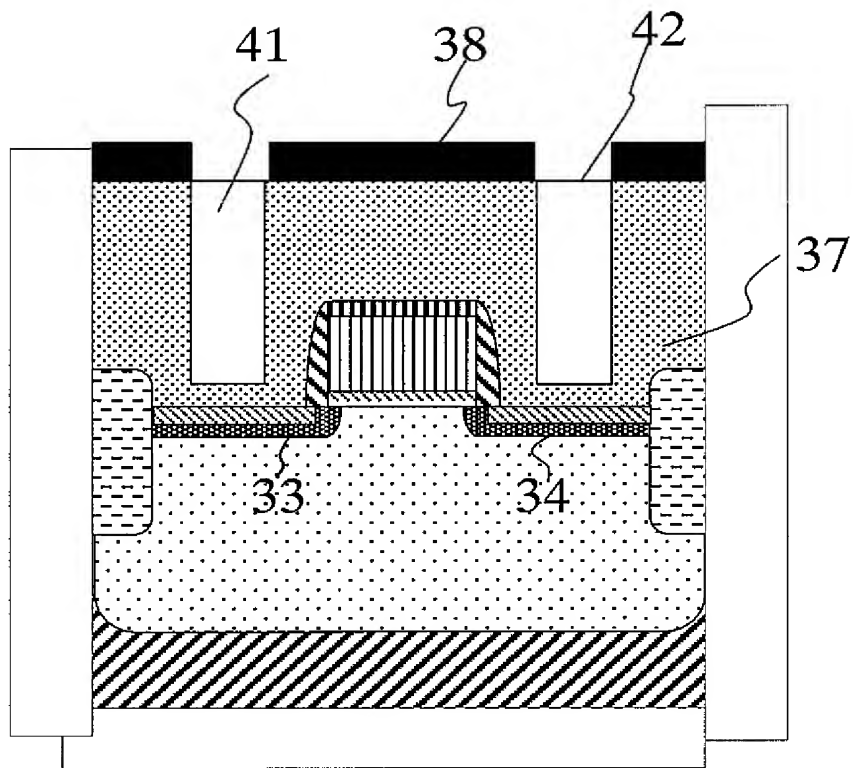
[図3]



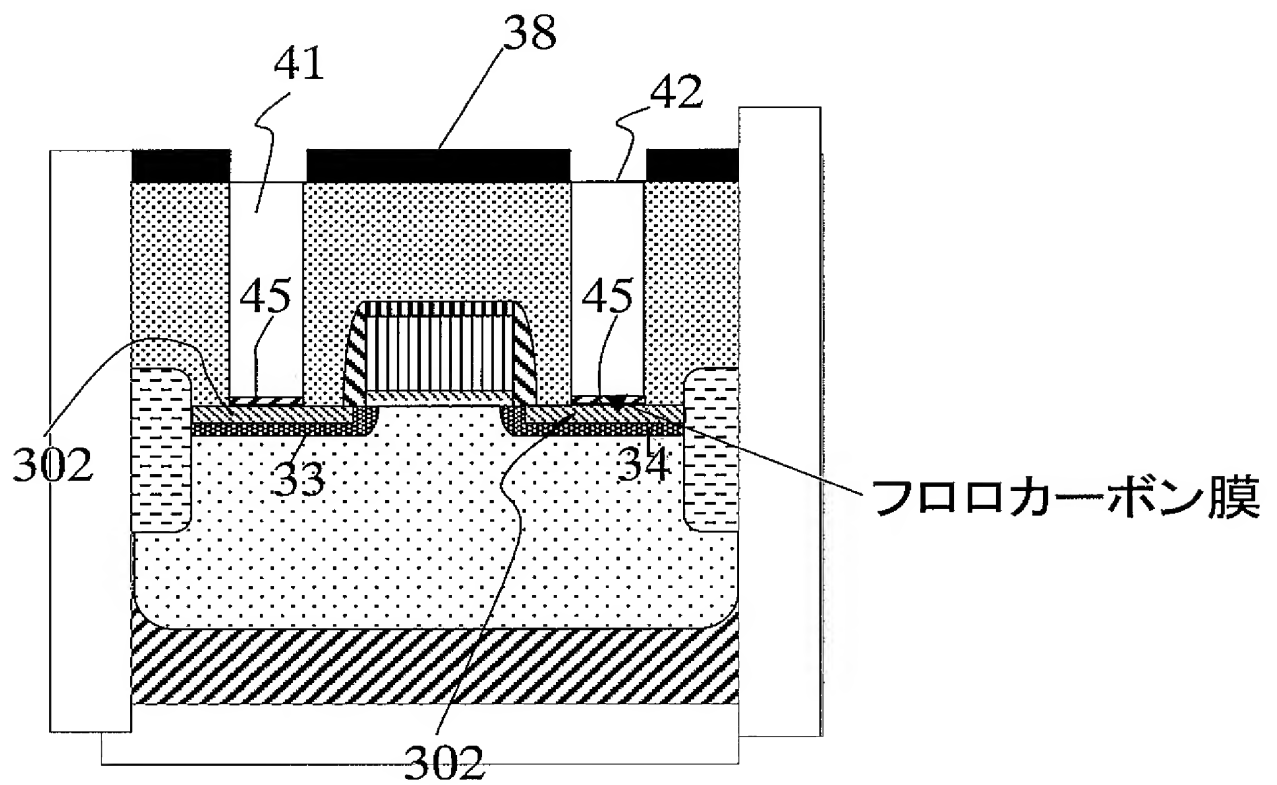
[図4]



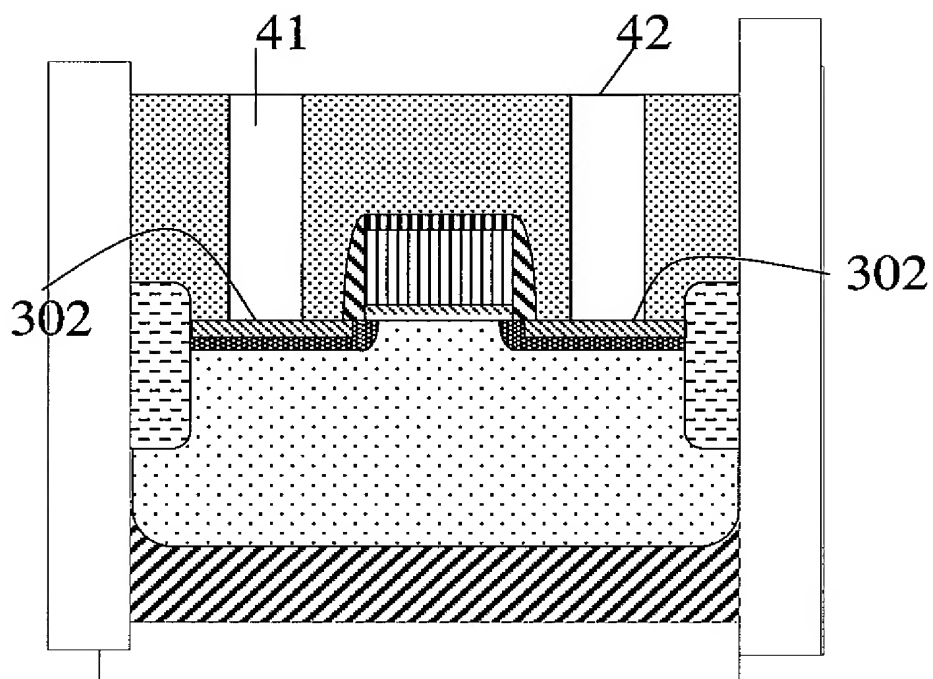
[図5]



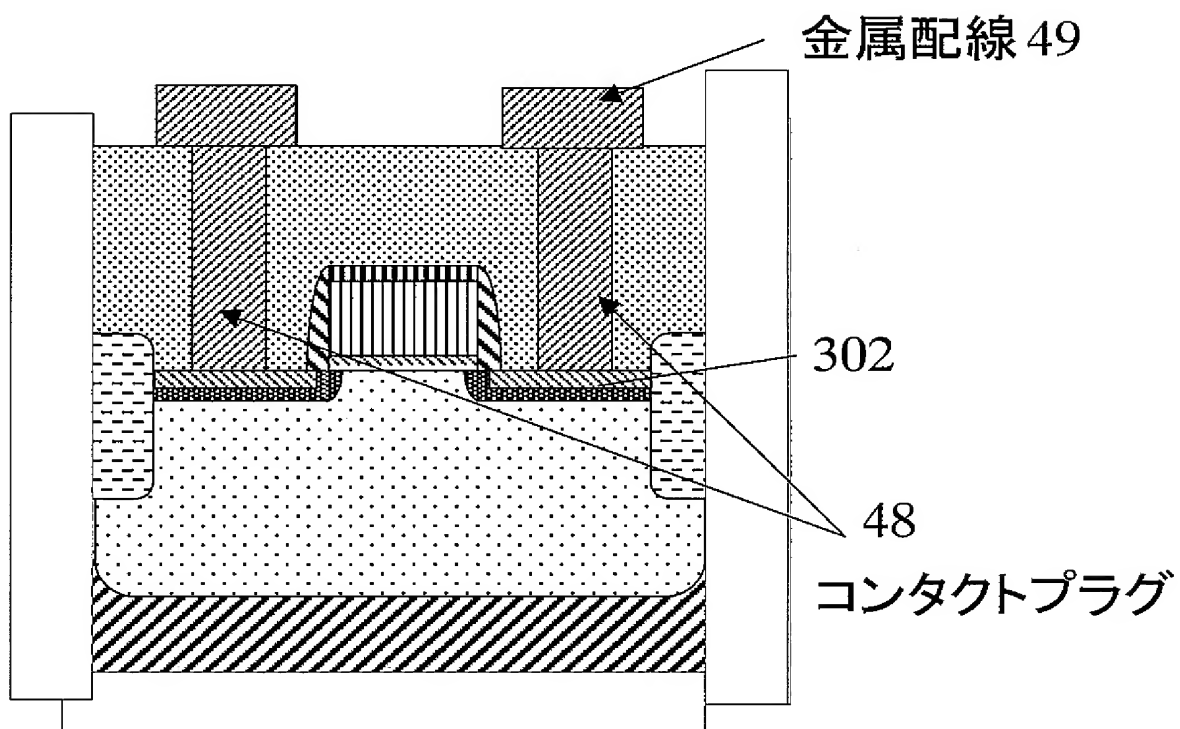
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001513

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01L21/3065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01L21/3065, H01L21/768, H01L21/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2003-533042 A (Tokyo Electron Ltd.), 05 November, 2003 (05.11.03), Par. Nos. [0001] to [0074]; Figs. 3 to 5 & WO 2001/086701 A2 & US 2003/0127422 A1	1-7, 10-13, 15-21, 24, 25 <u>9, 23</u>
X	JP 2003-188155 A (Texas Instruments Inc.), 04 July, 2003 (04.07.03), Par. Nos. [0007] to [0032] & US 2003/064601 A1 & EP 1308994 A2	1, 3, 8, 10-13, 15-17, 22, 24, 25
Y	JP 11-307512 A (Sony Corp.), 05 November, 1999 (05.11.99), Par. Nos. [0025] to [0039]; Figs. 1 to 4 & US 6204193 B1	9, 23

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
14 March, 2005 (14.03.05)

Date of mailing of the international search report
29 March, 2005 (29.03.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001513

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2003-347281 A (Semiconductor Leading Edge Technologies, Inc.), 05 December, 2003 (05.12.03), Par. Nos. [0013] to [0036]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	13-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. ⁷ H01L21/3065

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. ⁷ H01L21/3065, H01L21/768, H01L21/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2003-533042 A (東京エレクトロン株式会社) 2003. 11. 05, 段落【0001】 - 【0074】, 第3-5図 & WO 2001/086701 A2 & US 2003/0127422 A1	1-7, 10-13, 15 -21, 24, 25
<u>Y</u>		<u>9, 23</u>
X	JP 2003-188155 A (テキサス インスツルメンツ インコーポレイ テッド), 2003. 07. 04, 段落【0007】 - 【0032】 & US 2003/064601 A1 & EP 1308994 A2	1, 3, 8, 10-13, 15-17, 22, 24, 25

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 03. 2005

国際調査報告の発送日

29. 03. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

今井 拓也

4 R

3 3 3 9

電話番号 03-3581-1101 内線 3469

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 11-307512 A (ソニー株式会社) 1999. 11. 05, 段落番号【0025】 - 【0039】 , 第 1 - 4 図 & US 6204193 B1	9, 23
X	JP 2003-347281 A (株式会社半導体先端テクノロジーズ) 2003. 12. 05, 段落番号【0013】 - 【0036】 , 第 1 - 3 図 (ファミリーなし)	13-15